

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

7.9-10014

CR-157903

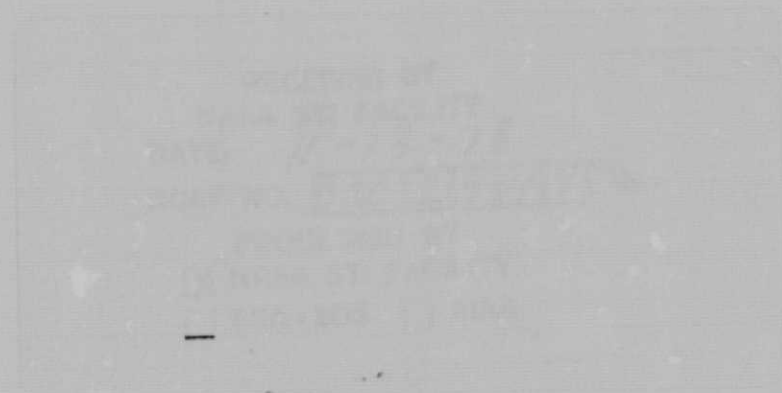
available under NASA sponsorship
for study and wide dis-
tribution and without limitation
thereof

(E79-10014) REMOTE SENSING APPLIED TO
SOLVING THE THERMOMINERAL WATER REGION OF
CALDAS NOVAS, GOIAS (Instituto de Pesquisas
Espaciais, Sao Jose) 11 p HC A02/MF A01

N79-12529

Unclas

CSCL 08H G3/43 00014



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

SENSORES REMOTOS APLICADOS À PROSPECÇÃO DE ÁGUAS TERMOMINERAIS
DO MUNICÍPIO DE CALDAS NOVAS - GOIÁS

Paulo Veneziani
Célio E. dos Santos

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ABSTRACT

The utilization of remote sensing for natural resources prospecting integrated or not with conventional methods have been shown to be of much value, especially when time and cost are considered. The Caldas Novas thermomineral water region has been known for a long time. The authors have studied this region with the purpose of locating additional thermomineral water sources. One objective of this work is to show the effectiveness of the method employed. LANDSAT imagery of the region were studied allowing the placement of the area of study in the regional geological context. A geological mapping in the 1:60.000 scale was done. A methodology was developed which consisted in a regional temperature mapping using trend surface analysis. Through the correlation of all these data, four different areas were localized with a high potential as thermomineral sources.

RESUMO

A utilização de sensoriamento remoto para a prospecção de recursos naturais, integrada a métodos convencionais ou não, tem se mostrado de grande importância, principalmente quando se considera a redução dos fatores tempo e custo.

A região de Caldas Novas, desde há muito conhecida por suas águas termominerais, foi objeto de estudo pelos autores, que tiveram por finalidade, em trabalho anterior, a prospecção destas águas e, atualmente, pretendem mostrar dados que comprovam a validade da pesquisa. Será exposta uma síntese da mesma e ênfase maior será dada aos resultados.

Após a interpretação de imagens LANDSAT na escala 1:1.000.000 com o intuito de situar a região no contexto geológico regional, seguiu-se o desenvolvimento de uma metodologia, a qual se intitulou termometria e que, aliada à verdade terrestre, na escala 1:60.000, possibilitou a delimitação de áreas termalmente anômalas. Em maio de 1978, foi feita uma visita à área, para comprovação da eficácia dos métodos utilizados.

1. INTRODUÇÃO

A existência de um contrato entre o INPE e a GOIASTUR, firmado em 1975, visando a prospecção de águas termominerais, proporcionou a oportunidade de se desenvolver uma metodologia, até certo ponto inédita, que tornasse possível a detecção de anomalias termais.

A área pesquisada, limitada a WE E pelos rios Piracanjuba e Corumbã, respectivamente, e latitude 17°58'08" e 17°41'40" sul, abrange aproximadamente, 1000 km². Já eram conhecidos, na literatura, as ocorrências de águas termominerais, nas localidades de Caldas Novas, Pousada do Rio Quente e Lagoa Pirapetinga.

A importância das medidas efetuadas, do seu processamento e da interpretação dos parâmetros geológicos, reside no fato de se poder delimitar áreas anômalas, onde a probabilidade de encontrar águas termominerais através de perfurações é maior.

Além disso, demonstrou-se que a chance de se obterem os mesmos resultados e com maior precisão, utilizando-se um imageador termal aeroportado é bem grande.

Os autores agradecem a colaboração do Dr. Gilberto Amaral, dos geólogos Athos Ribeiro dos Santos (Msc), Marx Prestes Barbosa (Msc) e Raimundo Almeida Filho (Msc) e ainda ao Sr. José Onofre Carvalho, pelo apoio recebido durante as diversas etapas da pesquisa.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A temperatura da superfície na interface solo/ar é basicamente, dependente da energia solar. Segundo Sellers (1965), in Hase (1971), 99,97% da energia calorífica, nesta interface, é suprida pela radiação solar.

Para se obter dados significativos, em uma área termalmente anômala, em que se supõe a existência de um fluxo geotermal, é necessário considerar-se, além do fator acima citado, a minimização dos efeitos das variações diurnas e anuais do aquecimento por insolação, a heterogeneidade dos materiais a serem medidos, a profundidade necessária para as medidas e, logicamente, a adequação dos aparelhos a serem utilizados.

Com o uso de termômetros de solo R-FUESS de 50 cm e de um termômetro radiométrico PRT-5, que mede temperaturas superficiais, ambos fornecendo medidas diretas em graus Celsius, foi feito um teste comparativo, entre uma área com ocorrência de águas termominerais e outra sabidamente estéril, com resultado positivo.

A Figura 1 mostra um gráfico realizado por Hase (1971) em uma área teste em Mono Lake, Califórnia. Neste trabalho buscou-se o embasamento para definir os principais tópicos do procedimento a ser empregado. Isto é, a escolha do horário, entre 5:00 e 6:30 hs para as medidas de profundidade, de 50 cm, para os termômetros do solo. O solo areno-argiloso, originado da decomposição dos xistos que predominam na região, pode ser considerado homogêneo.

A partir deste ponto, estabeleceram-se 2 etapas de trabalhos no campo. A primeira, com o objetivo de estudar o comportamento regional das temperaturas, abrangendo toda área de interesse, foi realizada com perfis radiais à estrutura de Caldas. Os dados sofreram um processamento estatístico matemático, através de um programa de análise de Superfície de Tendência. Quatro áreas anômalas foram delimitadas, após a análise das curvas residuais, coincidentes quanto às medidas superficiais a subsuperficiais. Denominou-se Caldas Novas, Pousada do Rio Quente, Lagoa Pirapetinga e Córrego Tucum a estas áreas, sobre as quais na segunda etapa, aplicaram-se os mesmos procedimentos.

Paralelamente, elaborou-se um mapa geológico na escala 1:1.000.000, baseado na interpretação de imagens LANDSAT e outro na escala 1:60.000, a partir de fotos aéreas e verdade terrestre.

Finalmente, foi feita uma verificação dos novos preços perfurados na área de Caldas Novas.

3. FEIÇÕES GEOLÓGICAS

O mapa geológico regional teve, como objetivo principal, mostrar que a estrutura de Caldas Novas, localiza-se na faixa com direção NW-SE, entre as bacias do Paraná e São Francisco, na qual se localizam importantes intrusões como as de Araxá, Salitre, Catalão e outros.

A geologia da região, compreendida entre as paralelas 17° e 20° de latitude sul e meridianos 46° e 49° de longitude oeste de um modo geral, encontra-se representado, de base para o topo, por um complexo granítico-granítico do Pré-Cambriano Inferior, os embasamentos do Pré-Cambriano Superior dos grupos Araxá, Canastra e

Rochas do Grupo Banbuí, sedimentos mezôicos das bacias do Paraná e São Francisco e intrusões ultrabásicas e alcalinas de idade cretácica.

A geologia da área pesquisada compreende uma sequência de quartzitos micáceos e moscovita-quartzo-xistos-feldspáticos com intercalações de calcários e anfibolitos pouco expressivos, correlacionáveis ao grupo Araxá. Recobrimo estas duas unidades litológicas, encontra-se biotita-moscovita-quartzo-xistos com intercalações de quartzitos, correlacionáveis com rochas do grupo Canastra.

Sendo uma área com predominância quase exclusiva do cristalino, tornam-se desprezíveis as restritas coberturas terciário-quaternárias em termos de constituírem aquíferos. Assim, é evidente que as estruturas assumem um papel relevante. Um estudo detalhado seria interessante para melhor compreensão das redes aquíferas da área pesquisada.

Grandes sinclinais (como o de Caldas Novas) e anticlinais foram mapeados, com uma orientação geral NNW-SSE. A feição de maior destaque é a Serra de Caldas com a forma de um braqui-anticlinal. O estilo dos dobramentos é assimétrico, com os planos axiais mergulhando para ENE.

Destacam-se dois sistemas de falhamentos, com direções para NW-SE e NE-SW em torno de 60°. O primeiro assume maior importância e possivelmente ter-se-ia transcorrências dextrais, que sofreram movimentação vertical, durante a reativação mezozóica.

As rochas da região encontram-se bastante fraturadas. Estas fraturas distribuem-se pelos quatro quadrantes, sendo geralmente verticais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros geológicos, obtidos através de produtos de sensores remotos e trabalhos de campo, posteriormente integrados aos dados termométricos, forneceram o embasamento para que os objetivos propostos fossem alcançados.

O programa de Análise de Superfície de Tendência, forneceu o comportamento regional das temperaturas. O primeiro resultado interessante foi a visualização de uma certa tendência de aumento das mesmas, em direção à Serra de Caldas. Os efeitos locais são representados pela diferença entre os valores computados e os observados, isto é, os valores residuais. Através da interpretação das curvas elaboradas a partir destes valores, chegou-se a quatro áreas termalmente anômalas. A Figura II mostra um esboço geológico da região pesquisada e a localização destas áreas.

Como já foi observado, no item "metodologia experimental", os mesmos procedimentos foram aplicados para detalhar cada uma das áreas termalmente anômalas. Em maio de 1978 foi feita uma visita à área denominada Caldas Novas, quando se teve notícias da perfuração de 14 novos poços. A Figura III mostra o mapa obtido a partir dos resíduos e a localização destes poços.

O intervalo entre as curvas é de 0,5° Celsius. Considerou-se como anomalias positivas, as zonas hachuriadas a partir de +0,5°C.

Observações in loco e informações obtidas no local, mostram diversos aspectos significativos com respeito à validade da pesquisa.

Dos 14 poços, 9 apresentam as seguintes características gerais:

- a - vazões variando entre 10.000 e 20.000 l/h (litro por hora). Todos apresentam artesianismo, mas estas vazões são conseguidas através de bombeamento;
- b - profundidade variando entre 80 m e 250 m, isto é, quando fossem atingidas zonas de fraturamento;
- c - temperaturas variando entre 33°C e 41°C.

Eles estão assinalados no mapa, com o símbolo "q".

Dos poços perfurados até uma profundidade de cerca de 400 m ("1"), forneceram lama quente, segundo informações veiculadas.

No canto leste do mapa, existe um poço artesiano, assinalado com o símbolo "s" e que apresenta as seguintes características:

- a - vazão aproximada de 40.000 l/h, fornecendo água sulfurosa;
- b - profundidade igual a 280 m;
- c - temperatura igual a 29°C.

Finalmente dos dois restantes, assinalados com o símbolo "e", respectivamente, a norte e sul, uma estava em perfuração, até a data da visita e o outro é estéril.

Como toda a água termomineral, da região, é explorada apenas com fins turísticos, não há dados hidrológicos, que seriam necessários para um melhor controle e racionalização da exploração, bem como para uma melhor compreensão de comportamento quantitativo e qualitativo das redes aquíferas. Algumas considerações aqui tecidas são frutos de observação e tendem mais para o campo das hipóteses.

Sistemas de falhas, e/ou fraturas, constituem as redes aquíferas ter mais. Existe um lençol freático superficial, mas este de água "fria". Em locais onde há boas exposições do cristalino, é possível sugerir-se quais as direções estruturais mais promissoras, desde que se integre aos dados termométricos. Não é o caso específico de Caldas Novas, pois a crescente ocupação humana e as coberturas aluvionares e coluvionares, mascaram as feições de interesse.

Finalmente, pretende-se ressaltar o aspecto positivo da pesquisa, pois dos 14 poços perfurados nas áreas indicadas, apenas 1 é estéril, se considerarmos que a lama quente não é por si só, um fato desabonador.

Ainda mais, retornando à primeira etapa de trabalhos, quando foram medidos as temperaturas de superfície, verifica-se em uma primeira aproximação, a coincidência das áreas anômalas, em relação às temperaturas de superfície; e considerando-se que a diferença entre as temperaturas máximas (25°C) e mínima (17°C) é suficiente para ser detectada por um imageador termal aeroportado, pode-se concluir que o em prego de tal técnica, é perfeitamente viável.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de Origem e Evolução da Plataforma Brasileira Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1967 (DNPM/DGM Boletim nº 24).
- AMARAL, G.; MATTOS, J.T.; FILHO, R.A.; CUNHA, R.P. da PARADELLA, W.R. Carta Geológica ao Milionésimo da Folha de Belo Horizonte com Base na Interpretação de Imagens LANDSAT São José dos Campos, INPE, 1976. No prelo.
- ANJOS, C.E. dos; VENEZIANI, P. Aplicação de Sensoriamento Remoto no Estudo de Anomalia Geotermal no Município de Caldas Novas - Goiás Tese de Mestrado São José dos Campos, INPE, 1977.
- BRAUN, O.P.G. Geologia da área de Caldas Novas, Ipameri e Arredores no Estado de Goiás In: Congresso Brasileiro de Geologia: Resumo das Conferências e Comunicações, 24, Brasília, 1970 São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1970 p. 205-207.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM) Projeto Brasília Goiânia, DNPM/PROSPEC, 1969.
- Goiânia: Geologia da Região Sul de Goiás - Folha SE 22h - escala 1:250.000 Goiânia, DNPM/PROSPEC, 1968.
- HASE, H. Surface Heat Flow of Geothermal Resources In: Seventh International Symposium on Remote Sensing of Environment, Proceedings, Kawasak, 1971 Geological Survey of Japan, 1971 V. 1, p. 237-245.

MERRIAN, D.E.; HARBAUGH, V.W. Computer Applications in Stratigraphic Analysis
New York, John Wiley, 1968.

MISNER, A.D.; BECK, A.E. The Measurement of Heat Flow over land In: Methods and Techniques in geophysics, 52, London, 1960 S.K. Runicoru, Editor, 1960
V. 1, p. 10-62.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA LANDSAT Data Users Handbook
Maryland, 1976.

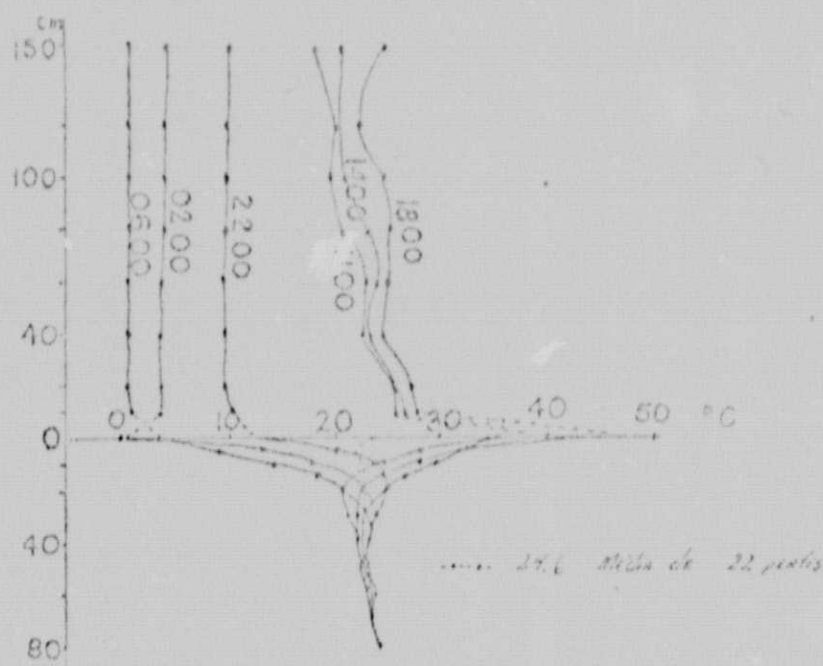


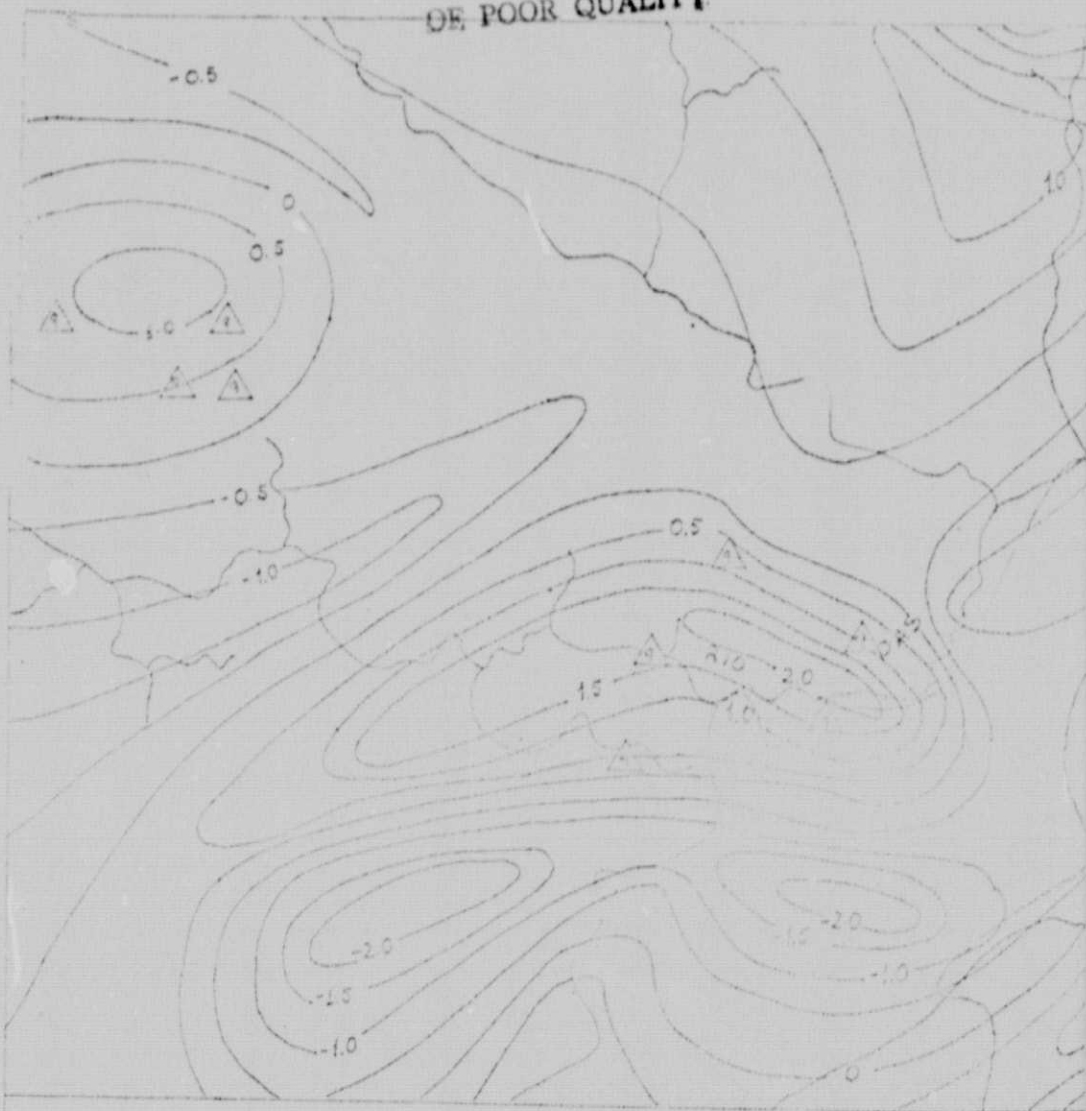
Fig. 1 - Gráfico de medidas de temperatura em solo constituído de areia de granulação média a fina. Essas medidas foram tomadas durante os dias 27 e 28 de maio, sob condições de tempo claro, no horário entre 5:41 hs e 19:46hs, na região de Mono Lake, California por Hase, H. (1971).

Como se pode observar no gráfico, a variação de temperatura abaixo de 30 cm de profundidade não sofre influências consideráveis, do aquecimento por insolação.

EOLDOUT FRAME |

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL I
OF POOR Q

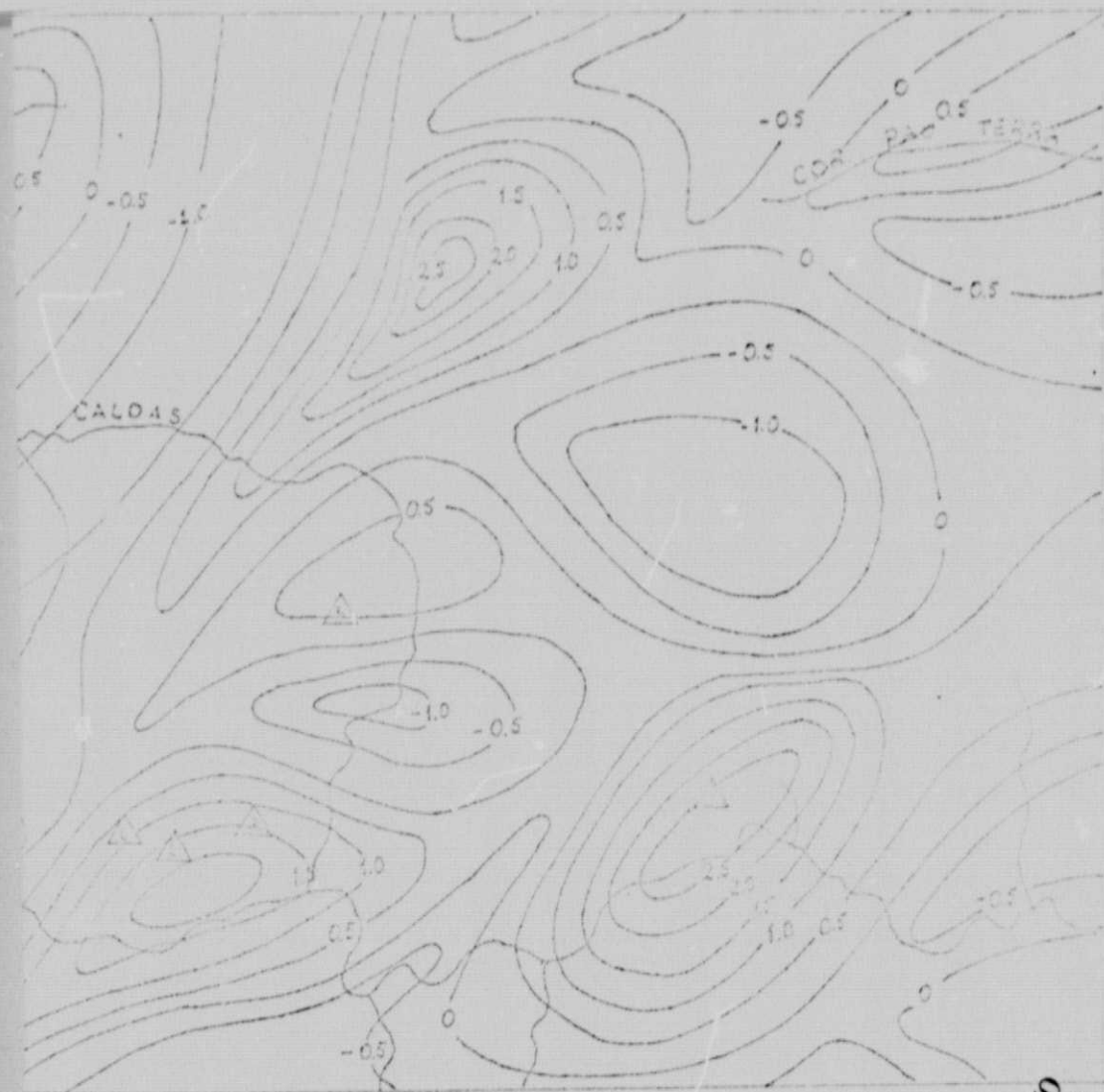


Escala 1:15.000

Fig.II - Área de Caldas Novas

Anom
Pocos
Temp
Lama
Pocos

FOLDOUT FRAME 2



olia positiva 0,50C
 de Água Termomineral
 - 330 - 410C
 Quente
 Estêreis

Poço de Água Sulfurosa
 - Temp. - 290C
 Cidade
 Drenagem

ORIGINAL PAGE IS
 OF POOR QUALITY

FOLDOUT FRAME

ORIGINAL PAGE
OF POOR QUALITY

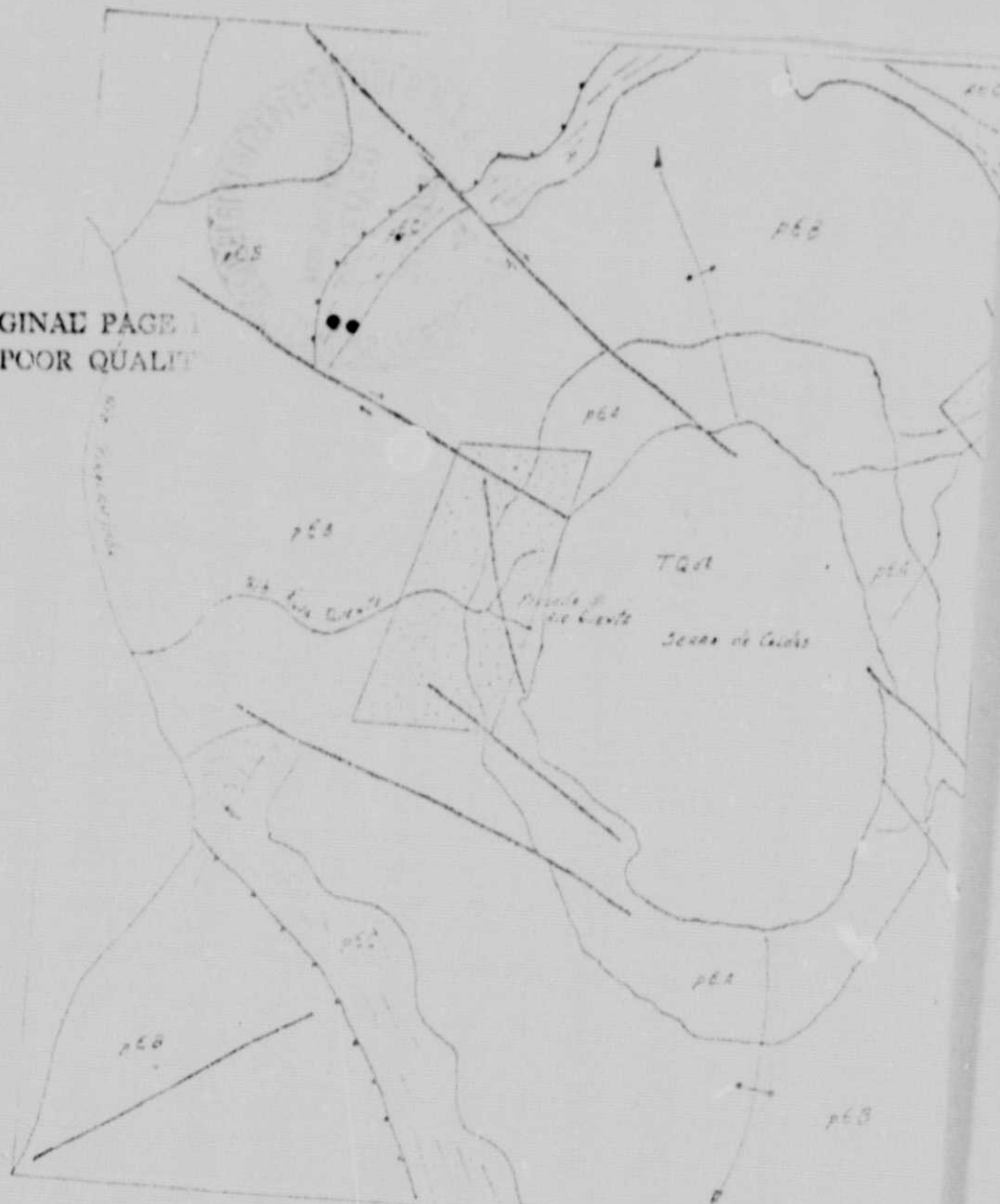


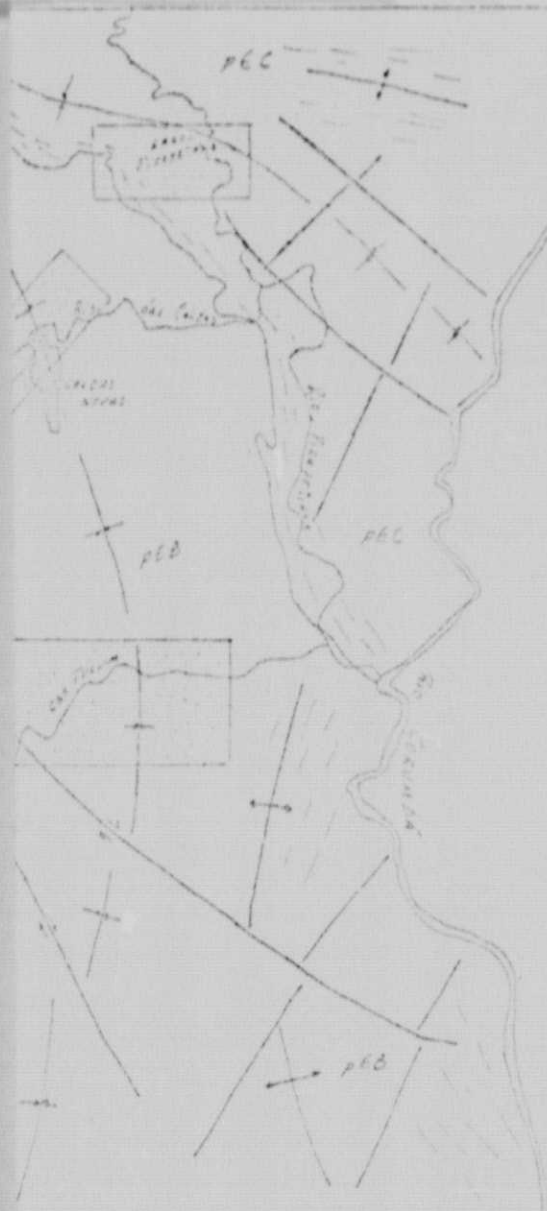
Fig. III

Escala Aproximada 1:180.000

10

FOLDOUT. ERAME 2

ESBOÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO DE CA
DAS NOVAS E LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS
TERMALMENTE ANÔMALAS



- TQ Terciário Quaternário
- PEC Grupo Canastra
- PEB Grupo Araxá
- PEB
-  Anticlinal  Sinclinal  Braquianticlinal
-  Falha indiscriminada
-  Falha transcorrente
-  Falha de empurrao
-  Lineamento estrutural
-  Contato estratigráfico
-  Drenagem



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY